

**Zu „Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit“:**

**Übung ASA 11**

**Zur Durchsprache in der Vorlesung**

**11.1 Zuverlässigkeit:**

Bei manchen technischen Verbrennungen sind Sensoren zur Erkennung, ob eine Flamme vorhanden ist, durch Verschmutzung sehr störanfällig.

- a) 20 Stück wurden 500 Stunden lang getestet, dabei fielen 4 aus.  
**Wie groß ist die Ausfallrate  $\lambda_{\text{test}}$ ?** .....
  
- b) Die zugehörigen Messumformer haben eine Ausfallrate von  $2 \cdot 10^{-5}$   
**Wie groß ist die MTBF** der Kombination Sensor - Messumformer (in Reihe)? .....
  
- c) Ein Dampferzeuger hat 16 Brenner, jeder ist mit zwei Messungen dieser Art (redundante Kanäle, jeweils Sensor und Messumformer) ausgestattet. **Welche Zuverlässigkeit ergibt sich** bezogen auf Volllast, wenn alle Brenner gebraucht werden?  
.....

**11.2 Verfügbarkeit, Amortisation:**

An einer Werkzeugmaschine wird der Weitertransport des Werkstücks durch einen mechanischen Endschalter ausgelöst. Dieser fiel im vergangenen Jahr durch mech. Beschädigung im Schnitt einmal pro Monat aus, die Reparatur dauerte jeweils insgesamt 4 Stunden und kostete jeweils ca. 500 €. (Rechnen Sie nur mit einer geplanten Betriebszeit von 16 Std./Tag und 20 Tage / Monat)

- a) **wie hoch ist die Verfügbarkeit dieser Anlage?**
  
- b) **Welche Maßnahmen könnten die Verfügbarkeit erhöhen?**
  
- c) Für eine bessere Lösung mit optischer Lageerkennung wird ein  $\lambda$  von  $2 \cdot 10^{-4}$  garantiert, die Umstellung würde ca. 10.000 € kosten, Reparaturzeit und Reparaturkosten würden sich nicht ändern.  
**Welche Verfügbarkeit ergibt sich nun?**
  
- d) **Nach welcher Zeit** (bezogen auf die alte Lösung) **würde sich die Umstellung** (1.3) **amortisieren?**

**Als zusätzliche Übungen mit Lösung:** (Empfehlung: zuerst zu lösen versuchen, dann nachsehen!)

### 11.3 Zuverlässigkeit

In einem Chemiebetrieb werden für chemische Reaktoren Überdruckwächter benötigt, die mit einem Schließerkontakt den Betrieb abschalten, und zwar mit einer MTBF von besser als 3000 Stunden

- a) Bei einem Test von 50 Überdruckwächtern eines verfügbaren Typs über 100 Stunden mit periodischem Druckanstieg und –Abfall sprachen 2 Stück nicht mehr an. Wie hoch ist die Ausfallrate bzw. MTBF?
- b) Wie könnte man mit den vorhandenen Überdruckwächtern eine MTBF von > 3000 erreichen?
- c) Wie hoch ist die MTBF bei dieser Maßnahme?

### 11.4 Verfügbarkeit, Amortisation

Eine Abfüllanlage läuft an 5 Tagen pro Woche je 4 Stunden. Die Etikettiereinrichtung fiel in den letzten Jahren nach je ca. 200 Betriebsstunden durch mechanische Abnutzung aus. Die Reparatur benötigt 6 Stunden und kann außerhalb der normalen Betriebszeit durchgeführt werden.

- a) Wie hoch ist die Verfügbarkeit bezogen auf die Betriebszeit, wenn für den schlimmsten Fall mit einem Ausfall am Beginn der täglichen Betriebszeit gerechnet wird, d.h. dass die Anlage an einem Tag nicht die geplanten 4 Stunden laufen kann?
- b) Angenommen, die Anlage würde zur Vorbeugung von Produktionsausfällen alle 100 Stunden (außerhalb der geplanten Betriebszeit) gewartet, wobei die Verschleißteile ausgewechselt würden. Welche Verfügbarkeit könnte die Anlage so erreichen?
- c) Eine Reparatur mit Teile- Austausch koste 1000 €, der Produktionsausfall im Fall a) koste nur 200 €, da nur einige Lieferungen umdisponiert werden müssen. Die Reparatur nach je durchschnittlich 200 Stunden muss für den Fall a) natürlich berücksichtigt werden. Würde sich die regelmäßige Wartung nach 100 Stunden lohnen?
- d) Wie würde sich das Ergebnis von c) ändern, wenn die Ausfallkosten 1100 € betragen würden?
- e) Wann würde sich der Einbau einer besseren Etikettiereinrichtung für 11.000 € lohnen, die nur alle 1000 Stunden für 500 € gewartet werden müsste?

**Lösungen:** (Empfehlung: zuerst zu lösen versuchen, dann hier nachsehen!)

### 11.3 Zuverlässigkeit

In einem Chemiebetrieb werden für chemische Reaktoren Überdruckwächter benötigt, die mit einem Schließerkontakt den Betrieb abschalten, und zwar mit einer MTBF von besser als 3000 Stunden

- a) Bei einem Test von 50 Überdruckwächtern eines verfügbaren Typs über 100 Stunden mit periodischem Druckanstieg und -Abfall sprachen 2 Stück nicht mehr an. Wie hoch ist die Ausfallrate bzw. MTBF?

$$\lambda = \frac{r}{n * t} = \frac{2}{50 * 100} 10^{-4} \text{ h}^{-1} \text{ (Ausfälle pro Stunde)} \quad | \quad \text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} = 2500 \text{ h}$$

- b) Wie könnte man mit den vorhandenen Überdruckwächtern eine MTBF von > 3000 erreichen?  
-> Parallelschaltung von zwei Wächtern

- c) Wie hoch ist die MTBF bei dieser Maßnahme?

$$\text{MTBF}_g = \sum_{i=1}^n \frac{1}{i * \lambda} = \frac{1}{1 * 4 * 10^{-4}} + \frac{1}{2 * 4 * 10^{-4}} = 2500 + 1250 = 3750 \text{ h}$$

### 11.4 Verfügbarkeit

Eine Abfüllanlage läuft an 5 Tagen pro Woche je 4 Stunden. Die Etikettiereinrichtung fiel in den letzten Jahren nach je ca. 200 Betriebsstunden durch mechanische Abnutzung aus. Die Reparatur benötigt 6 Stunden und kann außerhalb der normalen Betriebszeit durchgeführt werden.

- a) Wie hoch ist die Verfügbarkeit bezogen auf die Betriebszeit, wenn für den schlimmsten Fall mit einem Ausfall am Beginn der täglichen Betriebszeit gerechnet wird, d.h. dass die Anlage an einem Tag nicht die geplanten 4 Stunden laufen kann?

$$V = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{200}{200 + 4} = 0,98$$

- b) Angenommen, die Anlage würde zur Vorbeugung von Produktionsausfällen alle 100 Stunden (außerhalb der geplanten Betriebszeit) gewartet, wobei die Verschleißteile ausgewechselt würden. Welche Verfügbarkeit könnte die Anlage so erreichen?

MTBF zu 100 h angenommen, Reparaturzeit zu 0 h, da außerhalb der Betriebszeit.

$$V = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{100}{100 + 0} = 1$$

- c) Eine Reparatur mit Teile- Austausch koste 1000 €, der Produktionsausfall im Fall a) koste nur 200 €, da nur einige Lieferungen umdisponiert werden müssen. Die Reparatur nach je durchschnittlich 200 Stunden muss für den Fall a) natürlich berücksichtigt werden. Würde sich die regelmäßige Wartung nach 100 Stunden lohnen?

Fall a): alle 200 Stunden Reparaturkosten + Ausfallkosten = 1000 + 200 = 1200 €

Fall b): alle 100 Stunden Reparaturkosten = 1000 €,

nach 200 Stunden: 2000 €

Fall b) wäre alle 200 Stunden 800 € teurer, lohnt sich nicht.

- d) Wie würde sich das Ergebnis von c) ändern, wenn die Ausfallkosten 1100 € betragen würden?

Fall a): alle 200 Stunden Reparaturkosten + Ausfallkosten = 1000 + 1100 = 2100 €, hier wäre die Wartung billiger.

- e) Wann würde sich der Einbau einer bessere Etikettiereinrichtung für 11.000 € lohnen, die nur alle 1000 Stunden für 500 € gewartet werden müsste?

Wartungskosten nach je 1000 Stunden: 500 €

Kosten Fall a) nach 1000 Stunden: 5 \* 1200 = 6.000 €

Ersparnis nach je 1000 Stunden: 5.500 €

$$\text{Amortisiert nach } \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{Ersparnis}} * \text{MTBF}_{\text{neu}} = \frac{11000}{5500} * 1000 = 2000 \text{ h}$$